

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 04079372
PUBLICATION DATE : 12-03-92

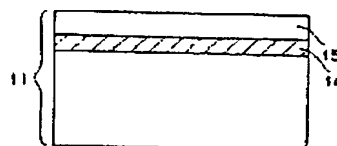
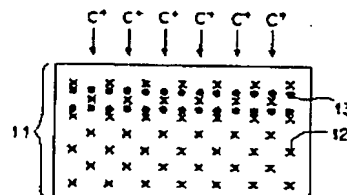
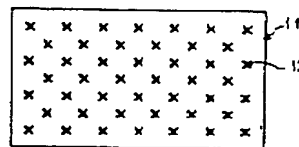
APPLICATION DATE : 23-07-90
APPLICATION NUMBER : 02194598

APPLICANT : NISSAN MOTOR CO LTD;

INVENTOR : KIYOTA SHIGEYUKI;

INT.CL. : H01L 27/12 H01L 21/265 H01L 21/322
H01L 21/76

TITLE : MANUFACTURE OF
SEMICONDUCTOR SUBSTRATE



ABSTRACT : **PURPOSE:** To reduce the amount of ion implanted and to perform heat treatment at low temperature for manufacturing a high-quality surface single-crystal SOI- type semiconductor substrate at low cost by a method wherein an impurity which, combining with constituent atoms of a semiconductor substrate, forms an insulator is preliminarily added to the semiconductor substrate and then an impurity having a gettering function is implanted in the semiconductor substrate by ion implantation and the semiconductor substrate is finally heat- treated.

CONSTITUTION: An impurity which forms an insulating film by combining with silicon atoms is added to a silicon substrate 11. For example, about $2 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ of oxygen atoms is added to the silicon substrate 11. Next, an impurity which, being electrically inactive, assists the oxygen atoms in moving is implanted in the silicon substrate 11 by ion implantation. For example, about $2 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ of carbon atoms 13 are implanted in the silicon substrate 11 by ion implantation. Lastly, the silicon substrate 11 is heat-treated at 1000°C or thereabout for moving the carbon atoms 12 and combining the oxygen atoms 12 with the silicon atoms. Consequently, a buried oxide film 14 and a silicon single-crystal thin film 15 are formed. An SOI-type semiconductor substrate is thus completed.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑮ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-79372

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)3月12日

H 01 L 27/12
21/265
21/322
21/76

E 7514-4M
Y 7738-4M
R 9169-4M
7738-4M

H 01 L 21/265

J

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 半導体基板の製造方法

⑯ 特 願 平2-194598

⑰ 出 願 平2(1990)7月23日

⑱ 発 明 者 清 田 茂 之 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社
内

⑲ 出 願 人 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

⑳ 代 理 人 弁理士 永 井 冬 紀

明 細 書

1. 発明の名称

半導体基板の製造方法

2. 特許請求の範囲

半導体基板の一部または全部に該基板の構成原子と化合して絶縁物を形成する第1の不純物を添加する工程と、

電氣的に不活性な第2の不純物を絶縁層形成領域にドーピングする工程と、

前記基板を熱処理して前記第2の不純物がドーピングされた前記絶縁層形成領域で該基板の構成原子と第1の不純物を化合させ、表面に単結晶の半導体層を残して前記絶縁層形成領域に埋め込み型の絶縁膜を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体基板の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

A. 産業上の利用分野

本発明は、SOI (Silicon on insulator) 型半導体基板の性能向上を意図した半導体基板の製造方法に関する。

B. 従来の技術

SOIは絶縁物上に半導体膜、特にSi膜を設けた基板構造を指し、このSOI型半導体基板の製造方法として、SIMOX (Separation by implanted oxygen) と呼ばれる方法がある。これはSi基板の所定深さ領域に酸素をイオン注入し、その領域にSiO₂層を形成させる技術であり、イオン注入を用いるため、制御性と再現性に優れている。歴史的には、1966年にWATANABEらがイオン注入によるSi酸化膜の形成を次に示す文献1に発表し、1978年にIZUMIらがこれを利用することにより、注入酸素による絶縁分離法としてSIMOX法を文献2に発表して以来、多くの研究が行われている。

「文献1」: M. Watanabe, and A. Toudi: "Formation of SiO₂ films by oxygen-ion bombardment", Jpn. J. Appl. Phys., vol. 5, pp. 737-738 (1966)

「文献2」: K. Izumi, M. Doken, and H. Ariyoshi: C.M.O.S. DEVICES FABRICATED ON BURIED SiO₂,

LAYERS FORMED BY OXYGEN IMPLANTATION INTO SILICON.", Electron. Lett., 14, 18, p. 593 (1978).

S I M O X による基板製造方法を第2図(a)～(d)を用いて説明する。

第2図(a)の工程

まず、シリコン基板1に酸素イオン(O^+)を高濃度(例えば、 10^{18} 個/ cm^2 以上)にイオン注入する。このとき、イオン注入された酸素原子2は x 印で表され、その分布は第2図(b)に示すようにガウス分布となる。

第2図(c)の工程

次いで、このシリコン基板1を高湿処理すると、第2図(d)に示すように酸素原子2の分布が狭く高密度になり、酸素原子2は基板1の構成原子であるシリコンと化合し、酸化シリコン膜を形成する。この結果、第2図(c)に示すように埋め込み型酸化膜3とシリコン単結晶薄膜4が形成され、S O I 型半導体基板が形成されることになる。

ここで、特に高温熱処理後の酸素原子分布に注目すると、次に示す文献3から引用した第3図に

要があり、その結果、注入後に表面領域に残存する酸素量が多くなって結果的に熱処理後の残存量も多くなってしまふ。したがって、結晶の欠陥が多くなる可能性がある。

また、S I M O X 法においては、酸素原子分布のシャープなテイルを得るためには、以下の文献4に示すように $1200^\circ C$ 以上の熱処理温度が必要である。したがって、イオン注入された酸素のピーク付近で酸素の集中および析出が始まると同時に、酸素濃度のより少ない部分においてもある確率をもって酸素析出が起こるため、完全なる単結晶層を得るために充分でない。すなわち、単結晶の品質が低下する。

加えて、 $1200^\circ C$ 以上の熱処理は、プロセスとして困難であり、熱処理炉に極端な償却コストがかかり、結果として製造コストが上昇する。

さらに、イオン注入時間も極端に増大し、その結果、イオン注入装置も同様に償却コストがかかって半導体基板の製造コストが大幅に上昇する。

「文献4」吉野 明、笠間 邦彦、浜野 邦幸、

示すように酸素イオン注入量により酸素原子分布が変化し、注入量の多い方が分布のテイルがシャープになっている。

「文献3」S. Maeyama, and K. Kajiyama: Surface Silicon Crystallinity and Anomalous Composition Profiles of Buried SiO_2 and Si_3N_4 Layers Fabricated by Oxygen and Nitrogen Implantation in Silicon", Jpn. J. Appl. Phys., vol. 21, pp. 744-751 (1982)

これは、酸素自身がある濃度以上となるとその周辺から酸素を集める効果が生じることに起因する。

C. 発明が解決しようとする課題

しかしながら、このような従来の半導体基板の製造方法にあつては、酸素イオンの注入量によって酸素原子分布のテイルのシャープさが決まる構成となつていたため、次のような問題点があつた。

すなわち、さらにテイルをシャープにし、表面単結晶半導体膜中の酸素原子濃度を下げようとする場合、酸素原子の注入量を極端に大きくする必

小林 敬三:「S I M O X 構造における酸素原子の再配列過程に対する熱処理温度の効果」、第34回応用物理学関係連合講演会予稿集、p 545 (1987)

本発明の目的は、イオン注入量の減少と熱処理温度の低温化を図り、高品質の表面単結晶を持つS O I 型半導体基板を低コストで製造することにある。

D. 課題を解決するための手段

本発明は、半導体基板の一部または全部に該基板の構成原子と化合して絶縁物を形成する第1の不純物を添加する工程と、電気的に不活性な第2の不純物を絶縁層形成領域にドーピングする工程と、基板を熱処理して第2の不純物がドーピングされた絶縁層形成領域で該基板の構成原子と第1の不純物を化合させ、表面に単結晶の半導体層を残して絶縁層形成領域に埋め込み型の絶縁膜を形成する工程とを含むものである。

E. 作用

半導体基板に予め該基板の構成原子と化合して

絶縁物を形成する不純物（例えば、酸素）を添加しておき、ゲッタリング作用のある不純物（例えば、炭素）をイオン注入し、その後、熱処理してS O I構造の基板が製造される。

したがって、イオン注入量が少なく済み、結晶欠陥が少なくなる。また、熱処理温度がS I M O X法より低くなり、結局、単結晶層の酸素析出が抑えられ、コストも低下する。その結果、高品質の表面単結晶を持つS O I型半導体基板を低コストで製造できる。

F. 実施例

第1図(a)～(f)により本発明の一実施例を説明する。

第1図(a)～(f)は本発明による半導体基板製造方法のプロセスを示す図である。以下、順を追って説明する。

第1図(a)の工程

まず、シリコン基板11にシリコン原子と化合して絶縁膜を作る不純物、例えば酸素原子12を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ 程度添加する。例えば、シリコ

ンインゴットの引上げ時にドーピングする方法により第1図(b)に示すような酸素濃度と深さの関係が得られる。

第1図(c)の工程

次いで、シリコン基板11に電気的に不活性でかつ酸素原子の移動をアシストする効果のある不純物、例えば炭素原子13を $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ 程度イオン注入する。このとき、炭素原子13の注入深さはS O I膜が完成したときの絶縁膜の深さと同程度にしておく。例えば、100 keVでイオン注入すると、炭素原子13の分布は第1図(d)に示すような分布となる。

第1図(e)の工程

最後に、1000°C程度の熱処理を行うことにより、酸素原子12の移動および酸素原子12とシリコン原子の化合を行わせ、埋め込み型酸化膜14およびシリコン単結晶層15を形成してS O I型半導体基板が完成する。このとき、埋め込み型酸化膜14の分布は第1図(f)に示すようになる。

この発明に係るS O I型半導体基板製造方法では、第1図(d)に示すようにガウス分布状にイオン注入された炭素原子13によって、従来のS I M O X法に比べて低コストで結晶欠陥が少なく、かつシャープなテイルのS i O₂層を有するS O I基板を得るものであるが、以下にそのメカニズムを考察する。

注入された炭素イオンはゲッタリングのもとになるゲッタリングセンタとして有効であると考えられる。炭素イオン注入領域へ引き寄せられた酸素原子12は容易に結晶シリコン原子と結合し、酸化シリコンとして析出する。そして、これに引き寄せられてさらに未析出の酸素原子12が移動してくる。この反応により炭素イオン注入領域に埋め込み型酸化膜14が形成されることになる。

本発明においては、テイル領域の酸素原子12は速やかにゲッタリングセンタのある部分に移動するため、酸素原子分布のテイル領域のシャープさが改善されると同時に、表面単結晶半導体層内の銀や銅などの望ましくない不純物もゲッタリ

グされて極めて良質の結晶層を得ることができる。また、本発明においては、ゲッタリングセンタとなる炭素のイオン注入量は、以下に示す文献5に示されているように、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ 程度であり、従来のS I M O X法による酸素イオンの注入量に比べて少なくすむ。その結果、表面単結晶半導体層内の結晶欠陥を低く抑えることができ、イオン注入装置にかかる償却費用を少なくすることができる。したがって、低コストに半導体基板を製造することができる。さらに、そのイオン注入条件によって埋め込み型酸化膜14の深さや厚みを限定することも可能である。

また、炭素イオン注入後の熱処理は、文献5に記載されているように、1000°C程度でよく、従来のS I M O X法に比べ低温化を可能とすることができる。その結果、表面単結晶半導体層内の酸素析出を抑えることができ、プロセスとしても容易で安価となる。

さらに、本実施例において、炭素イオン注入後の熱処理は1段階しか示さなかったが、熱処理温

度を2段階以上とすると、次に示す効果がある。

すなわち、例えば最初1000°C程度で熱処理を行うと、炭素原子等の第2の不純物のゲッタリング効果によって酸素原子の集束、析出が起ると同時に、表面単結晶半導体層となるべき領域の僅かな銀や銅などの望ましくない不純物は第2の不純物をドーブした部分へ集められる。続いて、1100°C程度の温度において熱処理を行うことによって、より完全な表面シリコン層の結晶化と酸素の集束による完全なる絶縁膜層の形成が行われることになる。ここでは、1000°C、1100°Cの温度の例を述べたが、従来イントリンシックゲッタリングと呼ばれる方法として知られる段階的な温度処理を併用することによってより効果を増すことができる。

また、本実施例において、熱処理する前に炭素イオン注入領域に酸素をイオン注入すると、埋め込み絶縁層領域の酸素濃度が高められ、熱処理によって、より完全なる絶縁膜層の形成が行われることになり、効果を増すことができる。

and J.V.Mayer: Proximity gettering with mega-electron-volt carbon and oxygen implantations ",Appl. Phys.Lett.,vol.52,pp.1023-1025(1988)

「文献6」: H.Wong, and N.V.Cheung: Gettering of gold and copper with implanted carbon in silicon ",Appl. Phys.Lett.,vol.52,pp.889-891(1988)

G. 発明の効果

本発明によれば、イオン注入後の熱処理温度を従来より低くすることができ、また、さらにテイルをシャープにしたり、表面シリコン単結晶薄膜中の酸素原子濃度を下げて結晶欠陥の発生を抑止したりする必要のある場合であっても、イオン注入量を極端に大きくする必要がなく、その結果、結晶欠陥の非常に少ない表面単結晶薄膜を持つ半導体基板を低コストに製造することができるという効果が得られる。

4. 図面の簡単な説明

第1図(a)～(f)は本発明に係る半導体基

板上、本発明による製造方法で得られたSOI半導体基板を用いると、従来のSIMOX法によるSOI半導体基板を用いた場合に比べ、不良品率を約50%削減することができた。

なお、本実施例におけるシリコン基板に添加する酸素濃度、炭素のイオン注入条件および炭素のイオン注入後の熱処理条件は一例に過ぎず、これ以外のこの付近の条件であれば相応の効果がある。

また、シリコンと化合して絶縁物となる不純物として酸素原子を用いたが、窒素あるいは炭素に置き換えるか、もしくは酸素と窒素の両方であってもよい。

さらに、ゲッタリングセンタとなる不純物として炭素原子を用いたが、以下の文献6および特開昭60-31231号公報に示されているように、この不純物は炭素に限らず、窒素、酸素、シリコン、ゲルマニウム、スズ、アルゴン、キセノン、クリプトンおよびネオンのうちのいずれかの1種または複数であってもよい。

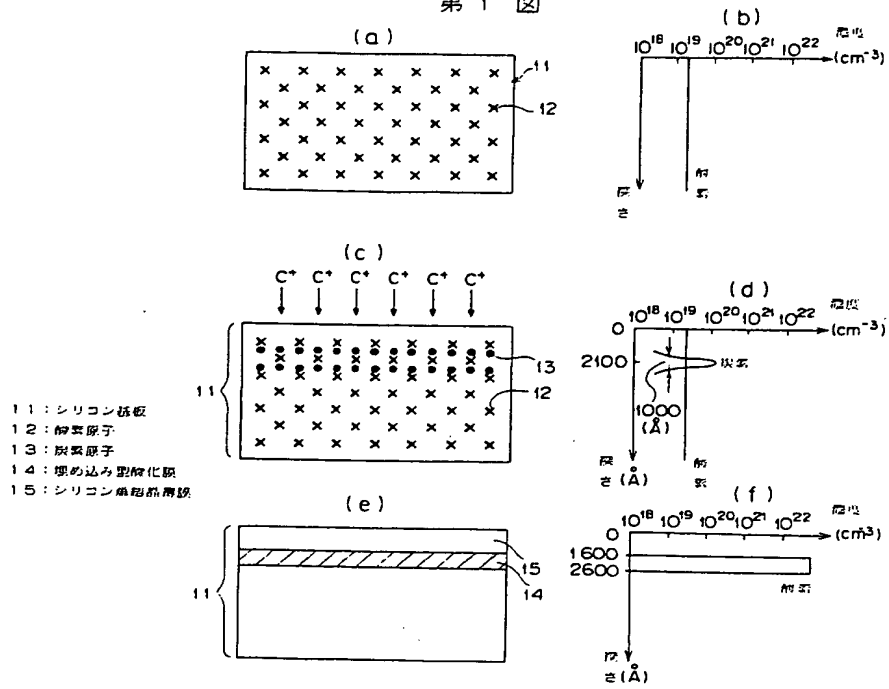
「文献5」: H.Wong, N.V.Cheung, P.K.Chu, J.Liu,

板の製造方法の一実施例を説明する図、第2図(a)～(d)は従来の半導体基板の製造プロセスを説明する図、第3図は従来の半導体基板の製造方法における酸素原子分布の酸素イオン注入量依存性を示す図である。

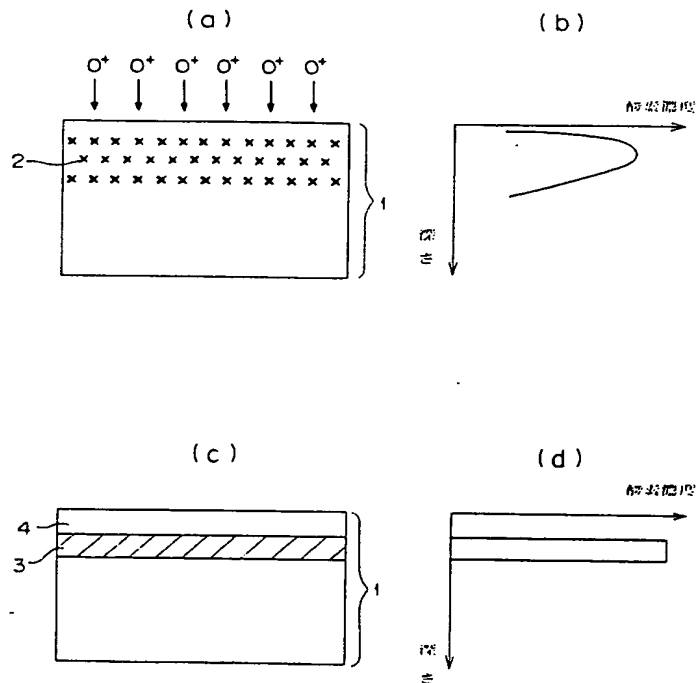
11: シリコン基板 12: 酸素原子
13: 炭素原子 14: 埋め込み型酸化膜
15: シリコン単結晶薄膜

特許出願人 日産自動車株式会社
代理人 井理士 永井冬紀

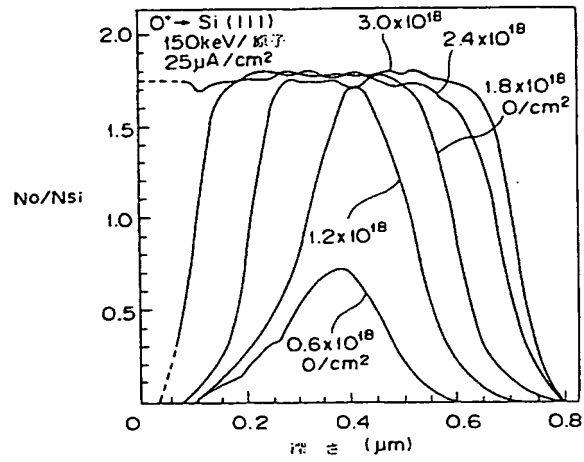
第 1 図



第 2 図



第 3 図



(a) Si(111) 基板

酸素イオン注入の組成比分布